

## 明 細 書

ワークを加工する加工方法

### 技術分野

本発明は、工具摩耗量を考慮して加工を行う加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械に関する。

### 背景技術

NC工作機械では、主軸に装着された工具とテーブルに載置されたワークとを所望の加工プログラムに従って相対移動させることによってワークを加工するので、加工によって得られるワークの形状は工具の移動軌跡によって定められることになる。一般に、加工プログラムは、加工により工具が摩耗せず、工具長が一定であることを前提として作成される。

ところが、実際には、工具は加工に伴って摩耗し、工具長がどんどん短くなっていく。したがって、例えば図5に示されているように、所望されるワークの形状41の輪郭が右肩上がりに傾斜している場合、実際に加工される形状（加工軌跡）43は所望される形状（加工軌跡）41から上方（主軸側）にだんだんシフトし、ずれを生じていく。よって、所望される加工形状41を得ることはできない。

さらに、工具が摩耗すると、特開昭54-35485号公報や特開2001-150299号公報などに記載されている方法により、工具寿命を検知して、工具交換を行う。すなわち、加工を途中で中断し、摩耗した工具を標準的な長さの新しい工具に交換した後に加工を再開する。ところが、この場合、交換後の工具は摩耗してい

ないため、加工プログラムに従った指令位置に工具を戻すと、実際の工具刃先位置は工具交換前後で交換前の工具の摩耗量分だけ下方へずれることになる。また、同一の工具を用いて、第１の領域の加工を中断して第１の領域と異なる第２の領域の加工を経てから再度第１の領域の加工を再開する場合も、第１の領域に関する加工の中断前後で工具の摩耗量が増加しているため、同様に、加工を中断した時の指令位置に工具を戻すと、実際の工具刃先位置は加工の中断前後で変化することになる。この結果、工具交換のため又は異なる領域を加工するための加工中断の前後で、加工された形状に段差４５（図５参照）を生じることになり、不都合が生じる。なお、図５の例では、工具交換を３回行ったため、加工形状に段差４５が３つ表われている。

#### 発明の開示

よって、本発明の目的は、工具の摩耗に起因して発生する上記従来技術に存する問題を解消して、所望される加工形状に対するずれの少ない加工形状を得ることができる加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械を提供することである。

また、本発明の他の目的は、工具交換により発生する段差のない滑らかな加工形状を得ることができる加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械を提供することである。

本願発明は、上記目的に鑑み、加工終了時の工具摩耗量を検出し、検出した工具摩耗量に基づき加工終了時の工具刃先位置と次加工開始時の工具刃先位置とが一致するように次加工開始時の工具刃先位置を定め、加工を続行するようにしたものである。

本発明の第１の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、予め設定されたＮＣ加工

プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、前記ワークの加工を中断するステップと、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップとを含む加工方法が提供される。

本発明の第２の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、予め設定されたNC加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、前記ワークの加工中の工具の摩耗量を逐次推定するステップと、前記推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正するステップと、前記ワークの加工を中断するステップと、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積するステップと、前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップとを含む加工方法が提供される。

本発明の第３の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、予め設定されたNC加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、前記工具摩耗量検出手段により検出した

工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段とを具備する工具摩耗補正機能を備えた工作機械が提供される。

本発明の第４の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、予め設定されたNC加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って前記工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、前記ワークの加工中に工具の摩耗量を逐次推定する工具摩耗量推定手段と、前記工具摩耗量推定手段により推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正する刃先位置補正手段と、前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積する摩耗量累積演算手段と、前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段とを具備する工具摩耗補正機能を備えた工作機械が提供される。

本発明では、加工により摩耗した工具の摩耗量を検出し、その摩耗量に基づいて加工中断前後の工具の刃先位置を一致させるので段差のない加工が行える。また加工中にリアルタイムに推定した工具の摩耗量を補償するように工具の刃先位置を逐次補正するステップを併用すると、所望加工形状と実加工形状とのずれも軽減又は解消できる。

#### 図面の簡単な説明

本発明の上述の及びその他の目的、特徴、利点を以下、添付図面

を参照して本発明の実施形態に基づいてさらに詳細に説明する。

図 1 は、本発明による N C 工作機械の要部構成を示しているブロック図である。

図 2 は、実際に加工されたワークの表面に段差を生じさせないために図 1 に示されている N C 工作機械において行われる加工方法の手順を示しているフローチャートである。

図 3 は、図 2 の加工方法の手順の続きを示しているフローチャートである。

図 4 は、所望のワーク形状に対してずれのない実加工後のワーク形状を得るために図 1 に示されている N C 工作機械において行われる加工方法を示しているフローチャートである。

図 5 は、従来技術において、加工後ワークの表面において工具交換した位置に生じる段差を示している図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

なお、以下の説明において、「所望加工形状」とは所望される加工後のワーク形状を意味し、「実加工形状」とは実際に加工により得られたワーク形状を意味し、「基準加工プログラム」とは、加工の際に工具 T が摩耗せず一定の長さを保つことを前提として、所望加工形状が得られるように作成された加工プログラムを意味し、「修正加工プログラム」とは、工具 T の摩耗に起因する所望加工形状と実加工形状との間のずれを予め考慮して、所望加工形状が得られるように基準加工プログラムを修正したものを意味する。

まず、図 1 を参照して、本発明による工具摩耗補正機能を備えた N C 工作機械 11 の要部構成を説明する。N C 工作機械 11 の機械本体部は、主軸頭 13 に回転可能に支持された主軸 15 と、ワーク

Wを載置、固定するテーブル17とを備え、NC装置19からの軸移動指令に基づいて、X軸送りモータ21、Y軸送りモータ（不図示）、Z軸送りモータ23により、主軸13とテーブル17とを互いに対してX軸、Y軸及びZ軸の直交3軸方向に相対移動できるように構成されている。

図1のNC工作機械11では、X軸送りモータ21によってテーブル17をX軸方向に移動させ、Y軸送りモータ及びZ軸送りモータ23によって主軸15をY軸方向及びZ軸方向に移動させることにより、主軸15とテーブル17とを直交3軸方向に相対移動させているが、X軸送りモータ21、Y軸送りモータ、Z軸送りモータ23によって主軸15を直交3軸方向に移動させるようにするなど、他の構成をとることも可能である。ここで、X軸及びY軸は主軸15の回転軸線と垂直な平面内の直交する2つの軸方向を指し、Z軸は主軸15の回転軸線と平行な軸方向を指す。

さらに、主軸13の先端には工具Tが装着されており、回転する工具TをワークWに切り込ませ、主軸15とテーブル17とを相対移動させることにより工具TとワークWとをX軸、Y軸、Z軸方向に相対移動させて、ワークWを所望される形状に加工する。

NC装置19は、加工プログラムや工具先端位置測定プログラムなどの各種プログラムを格納するプログラム格納手段19aと、このプログラム格納手段19aに格納されているプログラムを解釈する読取解釈手段19bと、解釈されたプログラムに従って主軸15及びテーブル17に対する位置指令を生成する位置指令生成手段19cと、この位置指令に従ってX軸送りモータ21、Y軸送りモータ、Z軸送りモータ23を駆動するサーボモータドライバなどの軸移動制御手段19dとを含んでいる。

また、NC工作機械11の機械本体部には、任意の瞬間のX軸、

Y 軸、Z 軸の各送り軸の座標値を読み取る位置読取手段 25 が設けられており、位置読取手段 25 によって読み取られたテーブル 17 に対する主軸 15 の相対位置は、逐次、軸移動制御手段 19 d へフィードバックされる。位置読取手段 25 として、主軸 15 又はテーブル 17 の各送り軸に取り付けられたデジタルスケールや、X 軸送りモータ 21、Y 軸送りモータ、Z 軸送りモータ 23 にそれぞれ取り付けられたエンコーダなど適宜の装置を使用することが可能である。

さらに、NC 工作機械 11 は工具刃先位置演算手段 27 を備え、主軸 15 に対する工具 T の刃先位置、好ましくは主軸 15 の前端面と工具 T の刃先位置との距離、すなわち工具長を測定できるようになっている。

例えば、工具刃先位置演算手段 27 は、主軸 15 とテーブル 17 とを相対移動させて、テーブル 17 上の加工の妨げとならない位置に設けられた工具刃先検出装置 29 で主軸 15 に装着された工具 T の刃先を検出させることによって、このときに位置読取手段 25 によって検出されたテーブル 17 に対する主軸 15 の相対位置から、主軸 15 に対する工具 T の刃先位置を演算する。詳細には、工具刃先検出装置 29 の刃先検出位置はテーブル 17 に対して予め定められた位置となっていることから、主軸 15 及びテーブル 17 の位置が検出されれば、主軸 15 と工具刃先検出装置 29 の検出位置との距離が判明することを利用して、主軸 15 に対する工具 T の刃先位置を演算する。なお、工具刃先検出装置 29 は、図 1 に示されているような接触式センサとしてもよく、レーザ式、静電容量式、渦電流式などの非接触式センサとしてもよい。

なお、工具刃先位置演算手段 27 が主軸 15 に対する工具 T の刃先位置を演算する方法は上記方法に限定されるものではなく、工具

刃先位置演算手段 27 は他の適した方法により主軸 15 に対する工具 T の刃先位置を演算してもよいことはいうまでもない。

さて、上記のような NC 工作機械 11 では、通常、加工の際に工具 T が摩耗せず一定の長さを保つことを前提として作成された基準加工プログラムに従って加工が行われる。したがって、工具 T の摩耗に伴って工具 T の刃先位置が所望加工形状のワーク表面位置から主軸 15 側に近づいていき、所望加工形状からずれた実加工形状が得られてしまう。また、このときに工具 T を交換すると、主軸 15 が同じ位置に配置されても工具 T の刃先位置はテーブル 17 側に近づくので、実加工形状のワークの表面に段差が生じてしまう。

そこで、本発明の NC 工作機械 11 は、工具 T の長さ又は刃先位置が摩耗により変化することを考慮しながら加工を行うために、工具摩耗量検出手段 31 と、摩耗係数補正手段 32 と、工具摩耗量推定手段 33 と、刃先位置補正手段 34 と、摩耗量累積演算手段 35 と、刃先位置制御手段 37 とをさらに備える。

工具摩耗量検出手段 31 は、ある領域を加工したときの加工前と加工後における工具 T の刃先位置の差から工具 T の摩耗量を演算、検出する、又は当該工具 T による前回の加工後の刃先位置を今回の加工前における工具 T の刃先位置とし、今回の加工後における工具 T の刃先位置との差から工具 T の摩耗量を演算、検出する。

一方、工具摩耗量推定手段 33 は、加工中に、切削条件、加工負荷、切削長 CL などから工具 T の摩耗量を推定する。例えば、工具摩耗量推定手段 33 は、単位切削長当たりの工具摩耗量を表す摩耗係数  $M_k$  を予め記憶しており、加工に使用している工具 T の切削長 CL と摩耗係数  $M_k$  とを積算した値に基づいて、加工中、工具 T の摩耗量を逐次求めていく。また、工具摩耗量推定手段 33 は、逐次求めた摩耗量を加算して加工中の工具 T の総摩耗量を推定すること



もできる。ここで、切削長  $CL$  とはワーク  $W$  を切削加工した長さを意味するものとする。

工具摩耗量推定手段 33 によって推定した工具  $T$  の摩耗量に基づき刃先位置補正手段 34 は逐次その摩耗量を補償する信号を位置指令生成手段 19c 又は軸移動制御手段 19d に送って摩耗による誤差のない加工を行う。

また、推定に用いる摩耗係数  $M_k$  をより正しく設定するために、工具摩耗検出手段 31 によって検出した工具  $T$  の摩耗量と、工具摩耗量推定手段 33 によって推定した工具  $T$  の摩耗量とを比較し、両者が一致するように摩耗係数  $M_k$  を逐次補正する摩耗係数補正手段 32 が設けられている。

摩耗量累積演算手段 35 は、工具摩耗量検出手段 31 によって求められた工具  $T$  の摩耗量を工具交換などによる加工の中断毎に加算していき、基準加工プログラムによって定められた所望加工形状に対する実加工形状の加工中断時点におけるずれ量、すなわち誤差を求める。

そして、刃先位置制御手段 37 は、摩耗量検出手段 31 によって求められた工具  $T$  の摩耗量分だけ主軸 15 とテーブル 17 との相対位置を変化させる。この相対位置の変化は、刃先位置制御手段 37 からの信号を位置指令生成手段 19c 又は軸移動制御手段 19d に送出することによって行われる。こうして加工中断時前後における工具  $T$  の刃先位置を一致させて、工具  $T$  の摩耗が実加工形状に与える影響を除去又は軽減させる。

例えば、工具  $T$  の交換などにより工具長又は摩耗量が不連続に変化するときには、基準加工プログラムに従って位置指令生成手段 19c が生成した位置指令を補正し、工具摩耗量算出手段 31 によって求められた各工具  $T$  の摩耗量の累積値、すなわち摩耗量累積演算

手段 3 5 によって求められた所望加工形状と実加工形状との誤差分だけ、工具 T の交換後の主軸 1 5 とテーブル 1 7 とを離れる方向にシフトさせるようにする。これにより、工具 T の交換前後におけるワーク W に対する工具 T の刃先位置は一致することとなり、摩耗量分に起因して実加工形状に発生する段差が解消される。

また、摩耗により工具長が連続的に変化するときには、基準加工プログラムに従って位置指令生成手段 1 9 c が生成した位置指令を補正し、工具摩耗量推定手段 3 3 によって求められた使用工具 T の摩耗量分だけ、主軸 1 5 とテーブル 1 7 とを近づける方向に逐次シフトさせるようにする。これにより、工具 T の摩耗に起因する工具長の変化が相殺、補償され、ワーク W に対する工具 T の刃先位置は所望加工形状に沿って移動するようになり、工具 T の摩耗により実加工形状の所望加工形状からのずれが解消又は軽減される。

ここで、位置指令の補正は、工具のオフセット補正、ワークの座標系の補正、NC 工作機械 1 1 の機械原点位置補正のうち、いずれか 1 つの方法で行うことができる。

次に、図 2 ～図 5 を参照して、図 1 の NC 工作機械 1 1 の動作を説明する。

加工を行うに先立って、操作者が加工プログラムを設定し、これをプログラム格納部 1 9 a に格納しておく。ここでは、プログラム格納部 1 9 a に、加工プログラムとして、工具 T が摩耗しないことを前提として作成された基準加工プログラムが格納されているものとするが、あらかじめ工具 T の摩耗量を考慮して作成された修正加工プログラムを格納してもよい。

次に、NC 工作機械 1 1 は、工具刃先位置演算手段 2 7 によって、加工を開始したときに主軸 1 5 に装着されている工具 T について、主軸 1 5 に対する工具 T の刃先位置を演算する（ステップ S 1）

。以下では、説明の簡略化のために、ステップ S 1 において、主軸 1 5 の前端面に対する工具 T の刃先位置、すなわち工具長 H a が演算されるものとする。また、説明の簡略化のために、以下のステップでは、工具 T の交換後も同一の標準長さを有する工具 T が使用されるものとする。なお、以下の手順は同一長さの工具 T に限定されるものではなく、様々な長さの工具 T に対して適用することができることはいうまでもない。

工具長 H a の演算が終了すると、プログラム格納部 1 9 a に格納されている基準加工プログラムを読取解釈手段 1 9 b が解釈し、それに従って位置指令生成手段 1 9 c が主軸 1 5 及びテーブル 1 7 に対する位置指令を生成し、軸移動制御手段 1 9 d が、この位置指令に従って X 軸送りモータ 2 1、Y 軸送りモータ、Z 軸送りモータ 2 3 を駆動することにより、加工が行われる（ステップ S 2）。

次に、予め定められたタイミングで、工具 T の交換のために加工が中断され、中断時のテーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の X 軸、Y 軸、Z 軸に関する相対位置が求められる（ステップ S 3）。主軸 1 5 とテーブル 1 7 との相対位置は、位置指令手段 1 9 c によって生成された主軸 1 5 及びテーブル 1 7 に対する位置指令から求めればよい。主軸 1 5 及びテーブル 1 7 の X 軸、Y 軸、Z 軸に関する位置は、位置読取手段 2 5 によって検出される値を用いることも可能である。

次に、工具 T の交換に先立って、加工により摩耗した工具 T の工具長 H b が工具刃先位置演算手段 2 7 によって演算される（ステップ S 4）。ステップ S 3 に代えて、工具刃先位置演算手段 2 7 によって適時工具長を演算し、工具長が所定値よりも短くなったときに加工を中断してもよい。このときは、最後に演算された工具長を加工中断時の工具長 H b とすることができる。

次に、工具摩耗量検出手段 3 1 は、加工開始時の工具長  $H_a$  と加工中断時の工具長  $H_b$  とから工具 T の摩耗量  $M_t$  を算出する（ステップ S 5）。そして、工具摩耗量検出手段 3 1 は、算出した工具 T の摩耗量  $M_t$  を摩耗量累積演算手段 3 5 に送り、摩耗量累積演算手段 3 5 は、送られてきた工具 T の摩耗量  $M_t$  に基づいて累積誤差量  $M_e$  を求め、これを加工中断時のテーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の X 軸、Y 軸、Z 軸に関する相対位置と共に記憶する（ステップ S 6）。これにより、加工を中断したときのテーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の X 軸、Y 軸、Z 軸に関する相対位置とその位置における実加工形状と所望加工形状とのずれ量とが記憶されたことになる。

ステップ S 7 の逐次摩耗補正については後述するので、ステップ S 7 では、逐次摩耗補正を行っていないものとして、次のステップ S 9 に進み、主軸 1 5 に装着されている摩耗した工具 T の交換を行う。

工具 T の交換が行われ、新しい工具 T が主軸 1 5 に装着されると、ステップ S 1 と同様にして、加工再開に先だって、工具刃先位置演算手段 2 7 によって加工再開時の工具長  $H_a$  が演算される（ステップ S 1 0）。工具長  $H_a$  が演算されると、新しい工具 T を用いた加工が再開される（ステップ S 1 1）。

ところで、新しい工具 T は、中断前に使用していた工具 T よりも摩耗量  $M_t$  分だけ長くなっている。一方、実加工形状のワークの表面は、中断時において、所望加工形状のワークの表面から工具 T の摩耗量  $M_t$  分だけ、主軸 1 5 側にずれている。したがって、加工が再開されるにあたって、主軸 1 5 及びテーブル 1 7 を加工を中断したときと同じ相対位置に移動すると、主軸 1 5 に装着されている工具 T の刃先位置は、所望加工形状上に配置され、実加工形状のワークの表面から工具 T の摩耗量  $M_t$  分だけテーブル 1 7 側に近づくの

で、ワークWの表面には摩耗量 $M_t$ に等しい段差が生じてしまう。

そこで、本発明のNC工作機械11では、主軸15又はテーブル17若しくはその両方に対して位置指令生成手段19cが生成した位置指令を刃先位置制御手段37によって補正し、摩耗量累積演算手段35によって求められた累積誤差量 $M_e$ 、すなわち、この段階では、工具摩耗量検出手段31によって求められた工具Tの摩耗量 $M_t$ に等しい分だけ、テーブル17に対する主軸15の相対位置を互いから離れる方向にシフトさせた状態で、加工を継続する（ステップS12）。

次に、ステップS3と同様に、予め定められたタイミングで又は演算した工具長が所定値よりも短くなったときに、摩耗した工具Tを新たな工具Tと交換するために加工を中断する（ステップS13）。そして、工具Tの交換に先立って、加工により摩耗した工具Tの工具長 $H_b$ が工具刃先位置演算手段27によって演算され（ステップS14）、工具摩耗量検出手段31がステップS5と同様にしてステップS12で使用した工具Tの摩耗量 $M_t$ を算出し（ステップS15）、摩耗量累積演算手段35がこの摩耗量 $M_t$ から累積誤差量 $M_e$ を演算し、これを記憶する（ステップS16）。

ステップS17の逐次摩耗補正については後述するので、ステップS17においては、逐次摩耗補正を行っていないとして、ステップS18に進むものとする。ステップS18において加工を継続する場合には、ステップS9からステップS17までの手順を同様にして繰り返す。なお、ステップS12で使用する工具もステップS2で使用する工具と同様に加工に伴って摩耗していくので、工具交換のために加工を中断したときには、所望加工形状と実加工形状とのずれは、ステップS2で使用する工具Tの摩耗量 $M_t$ とステップS12で使用する工具Tの摩耗量 $M_t$ との和、すなわち摩耗量累積演算

手段 3 5 によって求められた累積誤差量  $M_e$  に等しくなる。したがって、2 回目以降の工具  $T$  の交換においては、ステップ  $S_{12}$  において、刃先位置制御手段 3 7 は、テーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の相対位置を累積誤差量  $M_e$  分だけ互いから離れる方向にシフトさせるように、位置指令生成手段 1 9 c が基準加工プログラムに従って生成した位置指令を補正しながら、加工を継続すればよい。

このように、使用した工具  $T$  の摩耗量  $M_t$  を考慮して新しい工具  $T$  を使用した加工を行うことで、工具  $T$  の交換を行った位置、すなわち加工中断位置における実加工形状のワークの表面に段差が生じることが回避される。

ところが、以上の手順で加工を行ったときには、実加工形状の段差は解消されるが、所望加工形状からずれを生じてしまう。そこで、本発明の NC 工作機械 1 1 では、ステップ  $S_2$  及びステップ  $S_{12}$  の加工において、図 4 に示されているステップ  $S_{21} \sim S_{29}$  に従って、加工中の工具  $T$  の摩耗も主軸 1 5 とテーブル 1 7 との相対位置を逐次補正することにより補償していくようにしている。以下でその手順を詳述する。

最初に、工具摩耗量推定手段 3 3 は、予め設定されている摩耗係数  $M_k$  を任意の記憶手段又は加工プログラムなどから読み込み（ステップ  $S_{21}$ ）、その後、切削長  $CL$  を監視する（ステップ  $S_{22}$ ）。切削長  $CL$  は、位置読取手段 2 5 によって検出されたテーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の相対移動距離に基づいて求めてもよく、軸移動制御手段 1 9 d によって生成された各軸移動指令から求めてもよい。

工具摩耗量推定手段 3 3 は、切削長の増分  $CL$  と摩耗係数  $M_k$  とを積算することにより、摩耗量の増分を演算し、逐次摩耗補正量  $M_s$ 、すなわち工具  $T$  の摩耗の影響を相殺するために主軸 1 5 とテー

ブル 1 7 との相対位置に必要とされる補正量を求める（ステップ S 2 3）。そして、工具摩耗量推定手段 3 3 は、切削長の増分 C L と逐次摩耗補正量 M s とから、切削長及び逐次摩耗補正量 M s の総計である総切削長 S C L 及び総逐次補正量 S M s を演算し、刃先位置補正手段 3 4 に送る（ステップ S 2 4）。

刃先位置補正手段 3 4 は、主軸 1 5 又はテーブル 1 7 若しくはその両方に対して位置指令生成手段 1 9 c が生成した位置指令を補正し（ステップ S 2 5）、総逐次補正量 S M s 分だけテーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の相対位置を互いに近づける方向にシフトさせて加工を行わせる（ステップ S 2 6）。

ステップ S 2 7 において、加工が継続される場合にはステップ S 2 2 ～ステップ S 2 6 の手順が繰り返される。

このような手順で、テーブル 1 7 に対する主軸 1 5 の相対位置を逐次補正していけば、加工の際に工具 T の摩耗が工具 T の刃先位置に与える影響を相殺し、実加工形状の所望加工形状からのずれ量が解消又は低減される。

なお、ステップ S 2 2 ～ステップ S 2 6 においては、工具摩耗量推定手段 3 3 によって推定された工具 T の摩耗量を使用しているため、実加工形状と所望加工形状とのずれ量が完全に解消されないこともある。しかしながら、ステップ S 2 7 において加工を継続しない場合に、ステップ S 3 又はステップ S 1 3 に戻れば、実加工形状と所望加工形状とのずれにより実加工形状のワークの表面に段差が生じることはなくなる。

また、ステップ S 2 7 の後、ステップ S 5 又はステップ S 1 5 で求められた工具 T の摩耗量 M t を摩耗係数補正手段 3 2 が工具摩耗量検出手段 3 1 から読み込み（ステップ S 2 8）、この摩耗量 M t を総切削長 S C L によって除算することにより、実際の加工に基づ

いた摩耗係数 $M_k$ を求めてもよい（ステップS29）。これにより、実際の加工条件や加工負荷に即した摩耗係数 $M_k$ を求めることができ、実加工形状と所望加工形状とのずれ量をより少なくすることが可能である。

工具の摩耗量を推定する別法として、工具回転速度、1刃当りの送り速度、切込量、工具材質、工具種類、ワーク材質等の切削条件及び／又は加工負荷から演算することもできる。

図2及び図3に示されている実加工形状のワークの表面の段差を回避するための手順と共に、図3に示されている工具Tの摩耗の逐次補正を行う手順を併用する場合には、上記で説明した実加工形状のワークの表面の段差を回避するための手順を一部変更する必要がある、それがステップS8又はステップS19として示されている。

工具Tの摩耗の逐次補正を行う場合、加工中断時における実加工形状と所望加工形状とのずれ量は使用した工具Tの摩耗量よりも総逐次補正量 $SM_s$ 分だけ小さくなる。そこで、ステップS8及びステップS19において、摩耗量累積演算手段35が実加工形状と所望加工形状とのずれ量を表す累積誤差量 $M_e$ から総逐次補正量 $SM_s$ を減算し、逐次補正分を加味するようにしている。

以上、図1に示されているNC工作機械11を例にして本発明を説明したが、上記実施形態は、工具Tの摩耗を加工の中断・再開時に又は加工中逐次考慮し実加工形状のワークの表面に生じる段差や実加工形状と所望加工形状とのずれ量を解消又は低減させる方法の単なる例示に過ぎず、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

例えば、ステップS1～ステップS19の手順では、工具Tの交換のために加工を中断するものとして説明したが、同一の工具Tで



ワークWの異なる2つの領域を加工するために第1の領域での加工を中断し、第2の領域を加工した後に再度第1の領域を加工する場合に上記手順を適用することも可能である。この場合には、最初に第1の領域を加工した間の工具Tの摩耗量 $M_t$ と第2の領域を加工した間の工具Tの摩耗量 $M_t$ との差の分だけ、主軸15とテーブル17との相対位置を近づける方向にシフトさせることにより、実加工形状のワークの表面に段差が生じることを回避することができる。

また、上記ステップS5及びステップS15において、工具摩耗量算出手段31に代えて工具摩耗量推定手段33を使用し、工具摩耗量推定手段33によって推定された逐次摩耗量を累積して、同一工具による一連の加工の際に生じる工具の総摩耗量を求め、求めた総摩耗量を摩耗量累積演算手段35に送ることも可能である。この場合でも、工具Tの摩耗量を考慮しているため、摩耗量を考慮していない場合と比較して、工具交換などの前後で生じる実加工形状のワークの表面の段差を少なくとも減少させることができる。

以上、本発明によれば、加工中の工具摩耗量を推定又は算出し、工具の交換のためなどになされる加工の中断・再開時又は加工中に、工具摩耗に起因して生じる工具長の変化を主軸とテーブルとの相対位置を変化させることにより相殺させ、加工の中断・再開時に実加工形状のワークの表面に生じる段差や、所望加工形状と実加工形状とのずれ量を軽減又は解消させることができる。したがって、工具摩耗の影響を受けずに、所望加工形状に対するずれの少ない加工形状又は段差のない滑らかな加工形状を得ることが可能となる。

## 請 求 の 範 囲

1. 工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、

    予め設定されたNC加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、

    生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、

    前記ワークの加工を中断するステップと、

    前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、

    検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップと、

    を含むことを特徴とした加工方法。

2. 前記ワークの加工を中断するたびに、検出した工具の摩耗量を累積するステップをさらに含み、

    前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップは、前記累積した工具の摩耗量に基づいて行う請求項1に記載の加工方法。

3. 前記工具の摩耗量を検出するステップは、工具の刃先位置を測定し、工具の摩耗量を演算するステップを含む請求項1に記載の加工方法。

4. 工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、

予め設定されたNC加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、

生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、

前記ワークの加工中の工具の摩耗量を逐次推定するステップと、

前記推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正するステップと、

前記ワークの加工を中断するステップと、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、

前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積するステップと、

前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップと

を含むことを特徴とした加工方法。

5. 前記工具の摩耗量を検出するステップは、工具の刃先位置を測定し、工具の摩耗量を演算するステップを含む請求項4に記載の加工方法。

6. 前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削長さと、予め決められた単位切削長さ当りの摩耗量とから工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項4に記載の加工方法。

7. 前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削条件及び／又は加工負荷から工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項4に記載の加工方法。

8. 前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削長さ、及び予

め決められた単位切削長さ当りの摩耗量、並びに切削条件及び／又は加工負荷から工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

９．前記工具の摩耗量を推定するステップは、工具の刃先位置を測定し、演算して求めた工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量とを比較し、両者が一致するように推定に用いる単位切削長さ当りの摩耗量を逐次補正するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

１０．工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、

予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、

前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段と、

を具備することを特徴とした工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

１．１．前記ワークの加工を中断するたびに前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量を累積する摩耗量累積演算手段をさらに具備し、

前記刃先位置制御手段は、前記摩耗量累積演算手段により演算した前記工具の累積摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開す

るときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開する請求項 10 に記載の工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

12. 工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、

予め設定された NC 加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って前記工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、

前記ワークの加工中に工具の摩耗量を逐次推定する工具摩耗量推定手段と、

前記工具摩耗量推定手段により推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正する刃先位置補正手段と、

前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積する摩耗量累積演算手段と、

前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段と、

を具備することを特徴とした工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

13. 前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量と前記工具摩耗量推定手段で推定した工具の摩耗量とを比較し、両者が一致するように推定に用いる単位切削長さ当りの摩耗量を逐次補正する摩耗係数補正手段を更に具備する請求項 12 に記載の工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

## 要 約 書

ワークWを加工する際に、加工時の工具Tの摩耗量を推定し、所望される加工形状が得られるように、推定された工具Tの摩耗量に基づいて、予め設定された加工プログラムに従って生成された位置指令を加工中に逐次補正し、補正後の位置指令に従って、ワークWを加工する。また、加工中断時における工具Tの摩耗量を演算し、加工中断位置において加工を再開するときに、加工中断時の工具Tの刃先位置と加工再開時の工具Tの刃先位置とが等しくなるように、演算された工具の摩耗量に基づいて、予め設定された加工プログラムに従って生成された位置指令を補正し、補正後の位置指令に従って、ワークWを加工する。

Fig.1

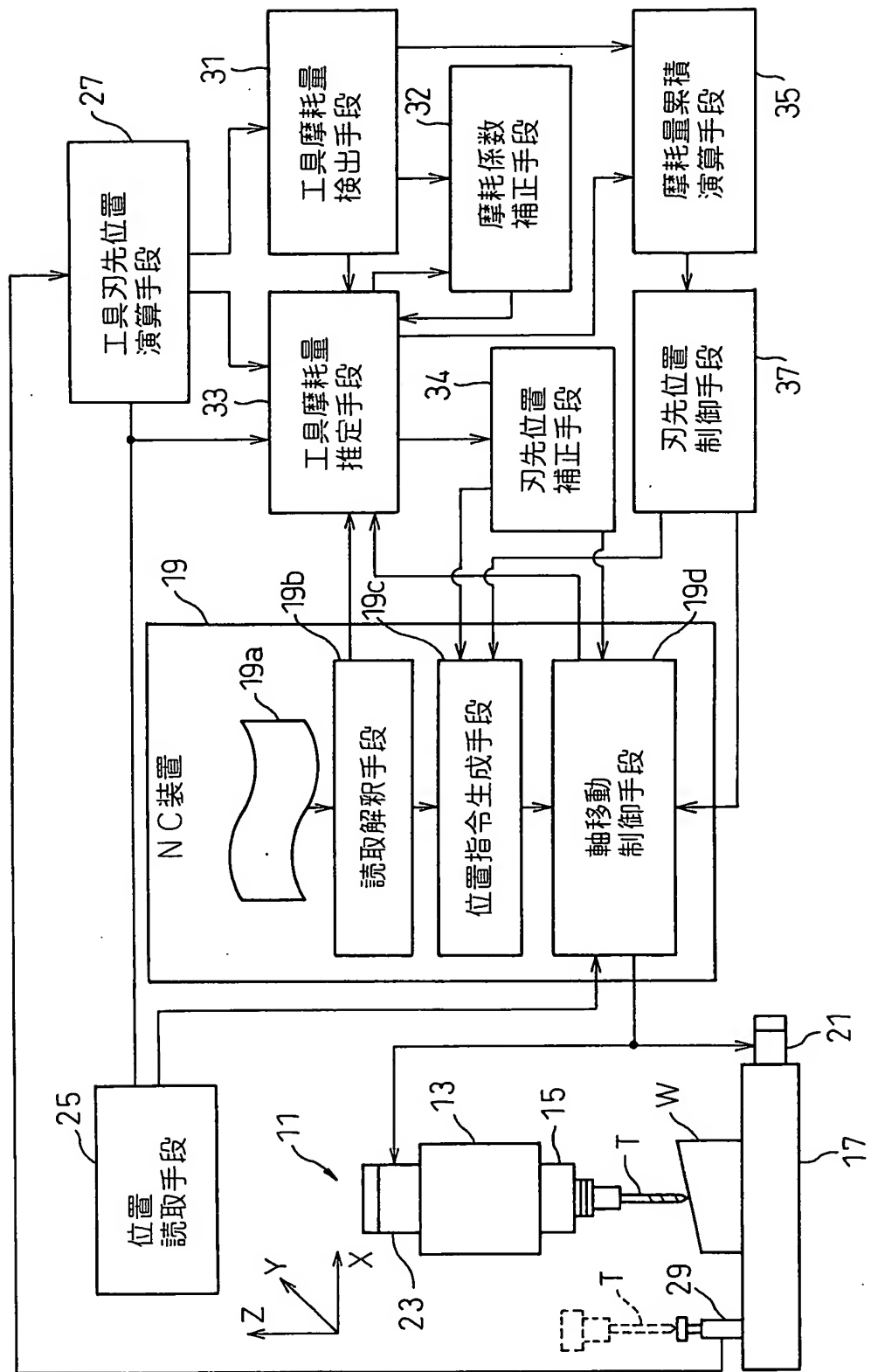


Fig.2

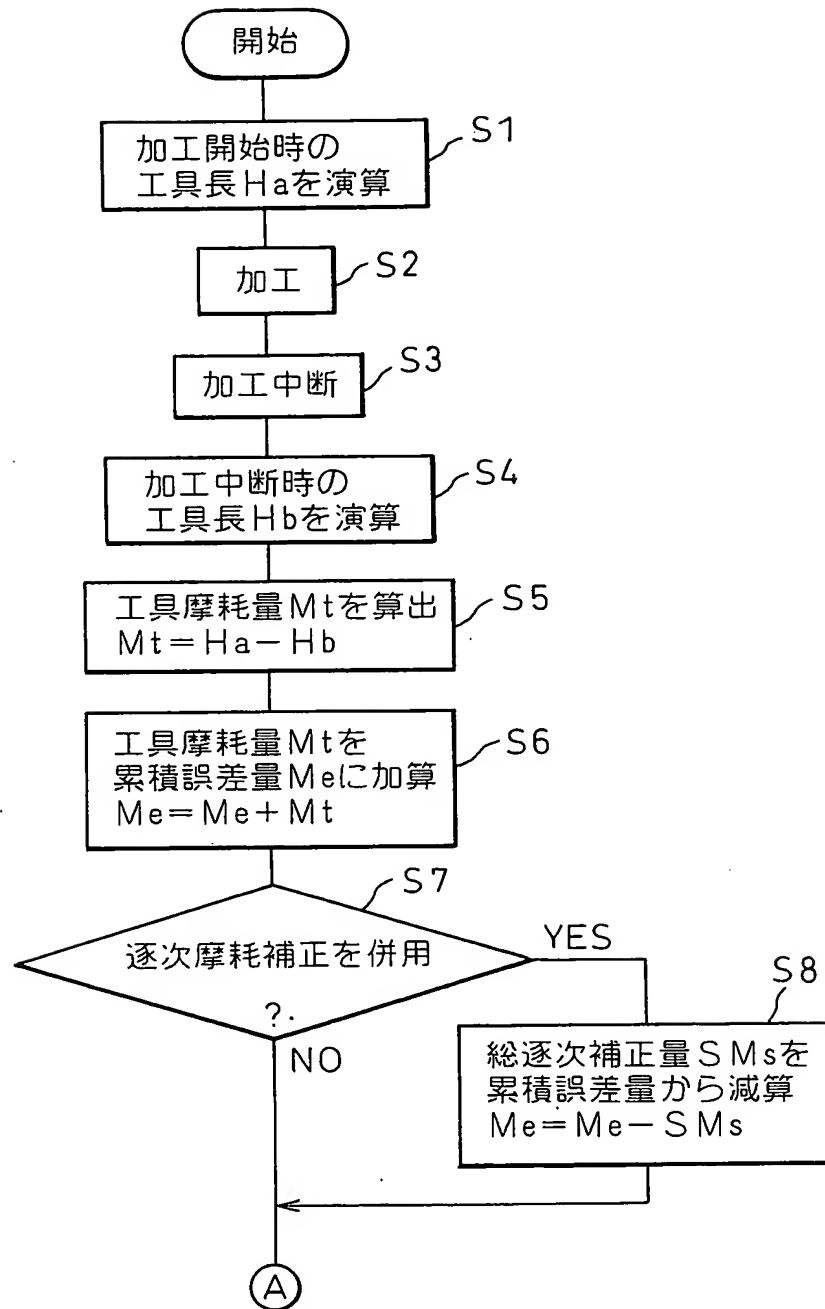




Fig.3

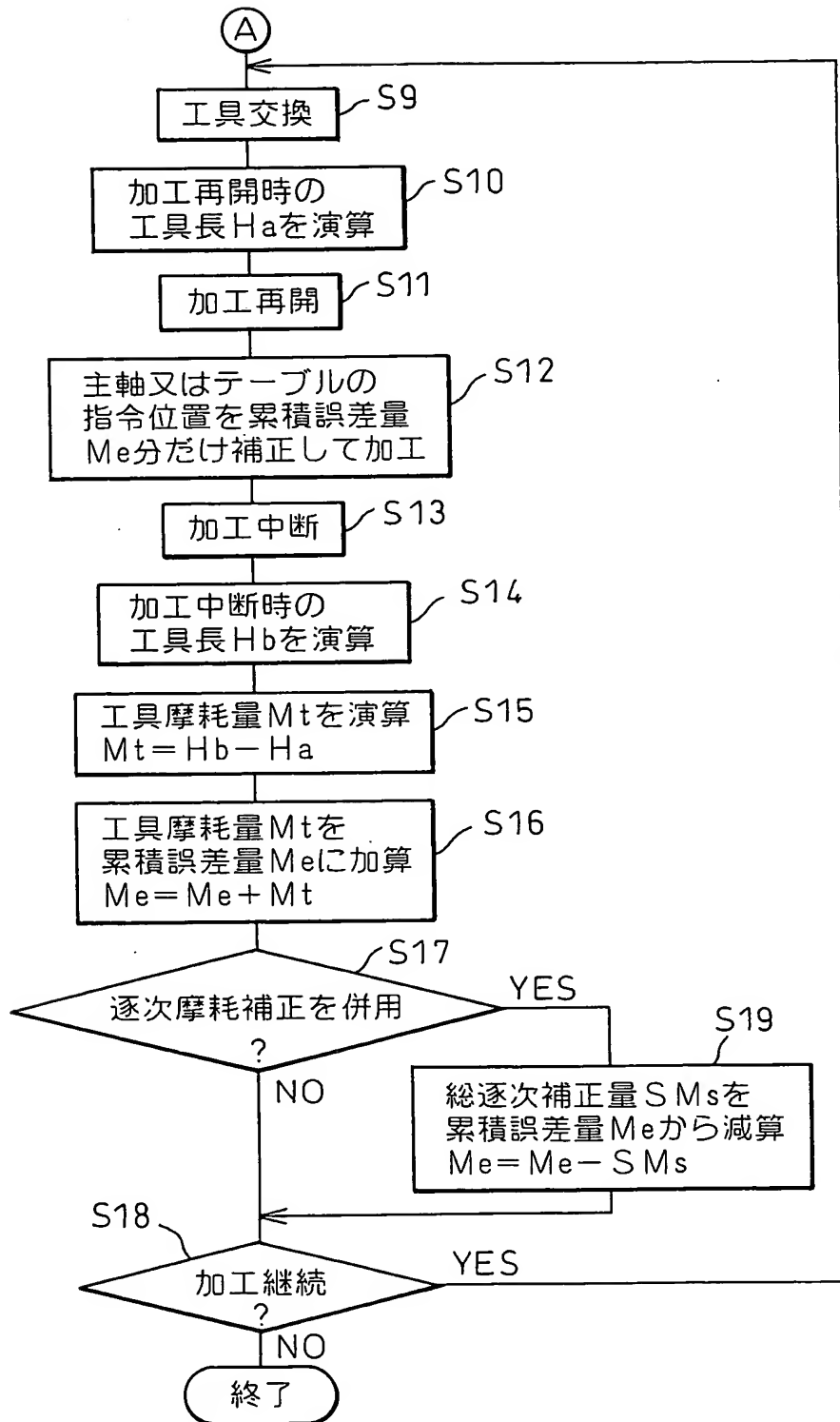


Fig.4

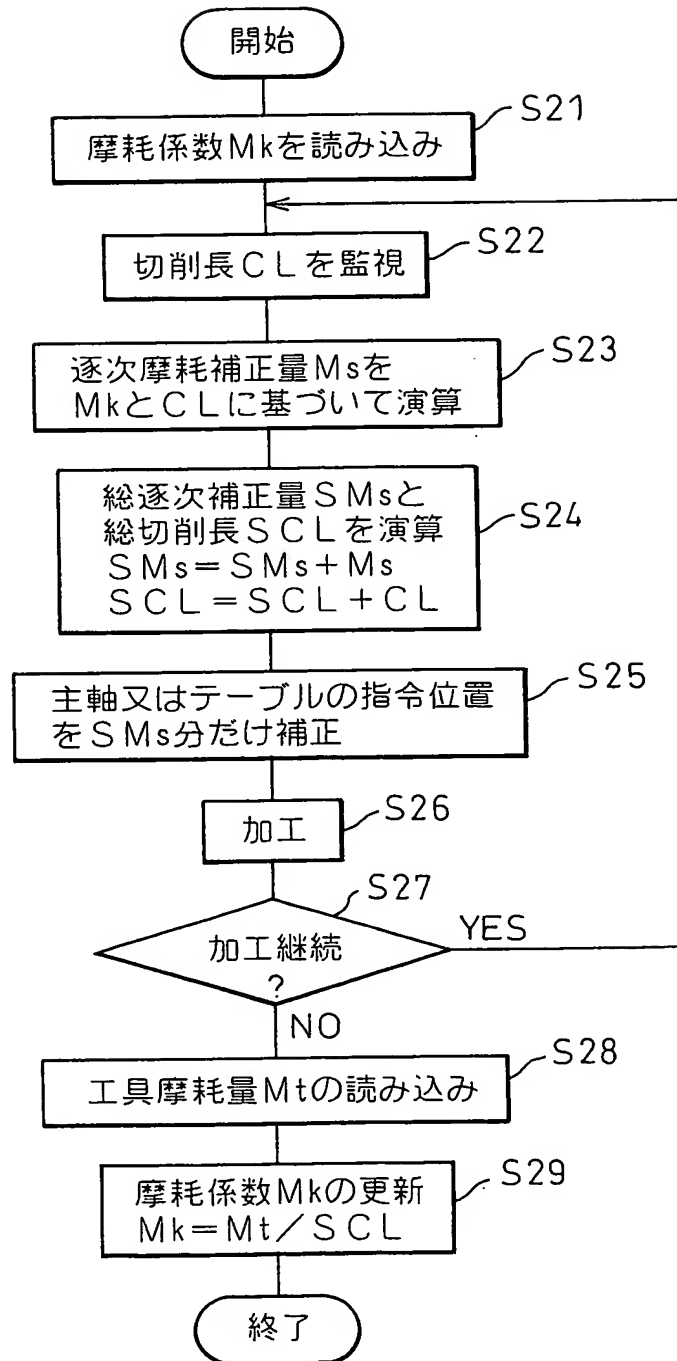


Fig.5

